

· 工艺技术 ·

Assel 轧管机轧制薄壁 $\Phi 70 \text{ mm} \times 3 \text{ mm}$ 合金结构钢管 工艺研究和辊型改进

袁方成 马金辉 黎福华

(湖北新冶钢有限公司钢管事业部,黄石 435001)

摘要 现场实验研究了 Assel 轧机轧制过程减径量、减壁量、牌坊转角、钢管径壁比 (d/t) 和转速对 20Cr 钢管扩径量 (Δd)、壁厚不均匀度 (Δt) 和轴向滑移系数 (η_a) 的影响。设计了轧制 $\Phi 70 \text{ mm} \times 3 \text{ mm}$ 20Cr 钢管的辊型。工业生产结果表明,毛管尺寸为 $\Phi 76.3 \sim 76.7 \text{ mm} \times 7.89 \sim 8.36 \text{ mm}$, Assel 轧机轧制参数为喉径 58 mm, 芯棒 52 mm, 转角 15° , 转速 200 r/min 时可轧出符合标准要求的 $\Phi 70 \text{ mm} \times 3 \text{ mm}$ 的 20Cr 钢管。

关键词 Assel 轧管机 合金结构钢 $\Phi 70 \text{ mm} \times 3 \text{ mm}$ 钢管 轧制参数 辊型优化设计

Study on Process and Improvement of Roll Shape for Rolling Thin-Walled $\Phi 70 \text{ mm} \times 3 \text{ mm}$ Alloy Steel Seamless Tube by Assel Mill

Yuan Fangcheng, Ma Jinhui and Li Fuhua

(Tube Division, Hubei Xinyegang Steel Co Ltd, Huangshi 435001)

Abstract The effect of reduction of diameter, reduction of wall thickness, feed angle, tube diameter/wall thickness (d/t) and rotating speed of roll on diameter expanding amount (Δd), degree of non-homogeneous wall thickness (Δt) and axial slide factor (η_a) for rolling steel 20Cr tube is studied during Assel mill rolling process. The roll shape for rolling $\Phi 70 \text{ mm} \times 3 \text{ mm}$ 20Cr steel tube is designed. Commercial production results show that with $\Phi 76.3 \sim 76.6 \text{ mm} \times 7.89 \sim 8.36 \text{ mm}$ shell, Assel mill rolling parameters- throat diameter 58 mm, mandrel diameter 52 mm, feed angle 15° , rotating speed 200 r/min the rolled $\Phi 70 \text{ mm} \times 3 \text{ mm}$ 20Cr steel tube meets the requirement of standard.

Material Index Assel Mill, Alloy Structural Steel, $\Phi 70 \text{ mm} \times 3 \text{ mm}$ Steel Tube, Rolling Parameters, Design of Optimum Roll Shape

Assel 轧管机属于高精度斜轧机,在生产中厚壁钢管中具有较大优势:单机变形量大、壁厚精度高、调整灵活、变换规格简便、轧制工具少等。但是,在薄壁管生产中存在着轧制效率低、精度低、产品裂纹多及生产故障频繁等一系列问题。

根据现场实验和理论分析,所采用的辊型是现场使用的传统 Assel 辊型,主要用来轧制中厚壁管。实验结果和理论分析结果也是基于该辊型得出。在研究 Assel 轧管机轧制薄壁管工艺时,必须要研究轧辊辊型;并且,根据轧制薄壁管的工艺特点和要求,有必要对现有轧辊辊型加以改进。

1 相关工艺参数对钢管扩径量、尺寸精度及轧制效率的影响

1.1 减径量的影响

为确定减径量 (ΔD) 的影响按照相同轧后钢管尺寸,不同的毛管尺寸,进行了轧制实验,具体实验结果见表 1 和图 1(a)。

从表 1 和图 1(a)可以看出:

(1) 减径量 (ΔD) 的变化对钢管的扩径量 (Δd)

影响呈上升趋势,但增加很少。

(2) 减径量的变化对尺寸精度和轧制效率有较大影响:随着减径量增加时, Assel 轧机的纠偏能力增加,轧后钢管的壁厚精度增加,同时,轧机的轧制效率和轧件轴向滑移系数 (η_a) 明显增加。故 Assel 轧机轧制薄壁管时,减径量可适当加大。

1.2 减壁量的影响

为确定减壁量 (ΔS) 的影响,按照轧后钢管壁厚相同,毛管壁厚不同,进行了轧制实验,共轧制了 6 支钢管,具体实验数据见表 2。

根据表 2 可作出散点图,如图 1(b)。

表 2、图 1(b)反映了轧机的减壁量的变化对轧制过程的影响,可以看出:

(1) Assel 轧机的减壁量的大小对钢管扩径量影响很大。当 ΔS 较小时,扩径量随减壁量增加而明显减小;而当减壁量进一步增加时,这一趋势不明显。可见, Assel 轧机轧制薄壁管的减壁量较小时,减径量对扩径量的影响规律与轧制中厚壁钢管时,扩径量随着减壁量增加而增加的规律^[1-2]不一致。

表 1 减径量对钢管轧制冶金质量的影响
Table 1 Effect of reduction of diameter on quality of tube rolling

| 序号 | 毛管尺寸/ (mm × mm) | 轧管尺寸/ (mm × mm) | 喉径/ mm | 芯棒直 径/mm | 牌坊 转角/° | 轧辊转速 (r · min ⁻¹) | 轧管长 度/m | 轧制时 间/s | ΔD/ mm | ΔS/ mm | d/t | Δd/ mm | Δt/ % | V _o / (m · s ⁻¹) | η _o |
|----|--------------------|--------------------|-----------|-------------|------------|----------------------------------|------------|------------|-----------|-----------|-------|-----------|----------|--|----------------|
| 1 | 71.0 × 9.25 | 61.3 × 4.50 | 56.8 | 48.2 | 15 | 200 | 4.90 | 29.5 | 14.2 | 4.75 | 13.62 | 4.10 | 4.5 | 0.172 | 0.79 |
| 2 | 73.1 × 9.02 | 61.7 × 4.57 | 56.8 | 48.2 | 15 | 200 | 4.82 | 28.0 | 16.0 | 4.45 | 13.51 | 4.36 | 2.9 | 0.173 | 0.79 |
| 3 | 75.0 × 9.36 | 61.5 × 4.50 | 56.8 | 48.2 | 15 | 200 | 4.90 | 28.0 | 18.5 | 4.86 | 13.70 | 4.30 | 2.8 | 0.175 | 0.80 |
| 4 | 77.7 × 9.00 | 62.0 × 4.61 | 56.8 | 48.2 | 15 | 200 | 4.50 | 22.7 | 20.9 | 4.39 | 13.45 | 4.58 | 1.7 | 0.198 | 0.90 |

注:适用于本文表 1 ~ 表 6。ΔD- 减径量;ΔS- 减壁量;d/t- 钢管径壁比;Δd- 扩径量;Δt- 壁厚不均度;V_o- 钢管出口轴向速度;η_o- 轴向滑移系数。

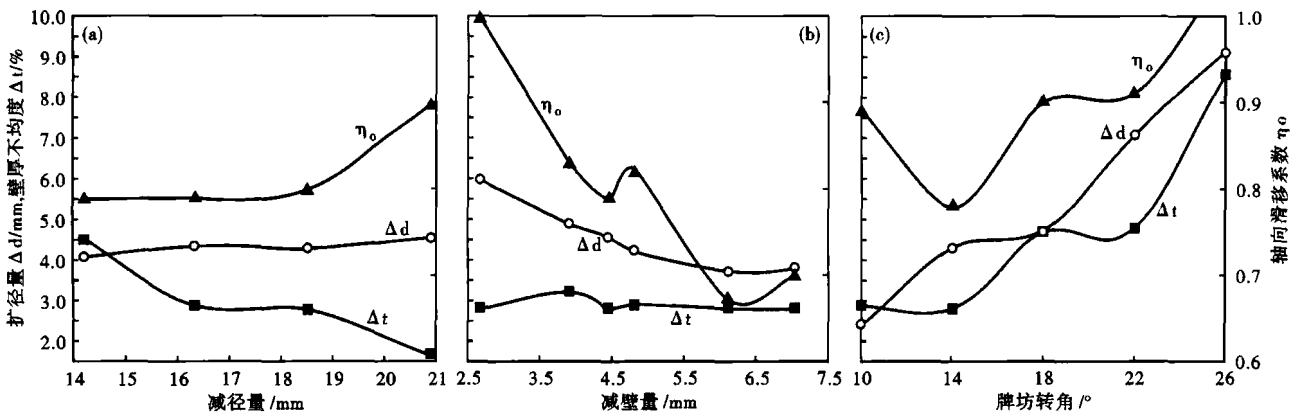


图 1 减径量(a)、减壁量(b)和牌坊转角(c)对 20Cr 钢管扩径量(Δd)、壁厚不均度(Δt)和轴向滑移系数(η_o)的影响

Fig. 1 Effect of reduction of tube diameter (a), reduction of tube wall thickness (b) and feeding angle (c) on diameter expanding amount of tube (Δd), degree of non-homogenous wall thickness (Δt) and axial slide factor (η_o) for rolling steel 20Cr tube

表 2 减壁量对钢管轧制冶金质量的影响
Table 2 Effect of reduction of wall thickness on quality of tube rolling

| 序号 | 毛管尺寸/ (mm × mm) | 轧管尺寸/ (mm × mm) | 喉径/ mm | 芯棒直 径/mm | 牌坊 转角/° | 轧辊转速 (r · min ⁻¹) | 轧管长 度/m | 轧制时 间/s | ΔS/ mm | ΔD/ mm | d/t | Δd/ mm | Δt/ % | V _o / (m · s ⁻¹) | η _o |
|----|--------------------|--------------------|-----------|-------------|------------|----------------------------------|------------|------------|-----------|-----------|-------|-----------|----------|--|----------------|
| 1 | 75.1 × 7.29 | 63.4 × 4.62 | 56.8 | 48.2 | 15 | 200 | 4.58 | 22.0 | 2.67 | 18.3 | 13.72 | 5.96 | 2.8 | 0.220 | 1.00 |
| 2 | 74.6 × 8.50 | 62.3 × 4.61 | 56.8 | 48.2 | 15 | 200 | 4.80 | 26.5 | 3.89 | 17.8 | 13.51 | 4.88 | 3.2 | 0.181 | 0.83 |
| 3 | 74.8 × 9.02 | 61.9 × 4.58 | 56.8 | 48.2 | 15 | 200 | 4.82 | 28.0 | 4.44 | 18.0 | 13.54 | 4.56 | 2.8 | 0.172 | 0.79 |
| 4 | 75.0 × 9.36 | 61.5 × 4.55 | 56.8 | 48.2 | 15 | 200 | 4.85 | 27.0 | 4.81 | 18.2 | 13.52 | 4.20 | 2.9 | 0.179 | 0.82 |
| 5 | 75.0 × 10.67 | 61.0 × 4.55 | 56.8 | 48.2 | 15 | 200 | 4.60 | 31.0 | 6.12 | 18.2 | 13.40 | 3.70 | 2.8 | 0.148 | 0.67 |
| 6 | 75.2 × 11.59 | 61.1 × 4.56 | 56.8 | 48.2 | 15 | 200 | 4.80 | 31.0 | 7.03 | 18.4 | 13.40 | 3.78 | 2.8 | 0.154 | 0.70 |

对于这一反常现象,可用“支撑效应”和屈服条件来解释。

Assel 轧管机的集中变形特点,使得在台肩处钢管厚壁端与薄壁端紧紧相连,金属间有很大的牵制力和支撑作用,厚壁端限制薄壁端的金属切向流动,形成了“刚端”支撑;同时,根据 MISS 屈服条件,圆筒产生塑性变形的极限载荷(PE)随壁厚增加而增加^[3]。因此,随着厚壁端壁厚的加大,它的自身刚度和对薄壁管的支撑作用也增加,这样,轧后钢管扩径量就会减小。但是,当毛管壁厚达到一定时,厚壁端的自身刚度接近极限载荷以及它对薄壁端的支撑作用也维持在一定状态,再进一步增加减壁量、增加毛管壁厚,钢管的扩径量减小的趋势减缓或消失。

(2) 减壁量变化对壁厚尺寸精度几乎没有影响。

(3) 当减壁量增加时,钢管的出口轴向滑移系数减小,轧机的轧制效率和钢管的出口轴向速度明显降低。现场实验中,当减壁量小于 4 mm 时,轴向滑移系数为 0.8 ~ 1.0,而减壁量达到 6.0 mm 以上时,该系数明显下降,其值在 0.7 以下。

由上述结论可知,选取减壁量时,应综合考虑扩径量和轧制效率。

1.3 牌坊转角的影响

Assel 轧管机的送进角可由牌坊转角反映出来,表 3 和图 1(c) 是牌坊转角对轧制过程影响实验结果。从表 3、图 1(c) 可以看出:

(1) 随着牌坊转角增大,钢管扩径量明显增加。当转角为 10° 时,扩径量为 2.4 mm;当转角增大到 26° 时,扩径量增加到 9.12 mm。

(2) 当牌坊转角较小时,轧件出口速度很小,随

表 3 牌坊转角对钢管轧制冶金质量的影响

Table 3 Effect of feeding angle on quality of tube rolling

| 序号 | 毛管尺寸/ (mm × mm) | 轧管尺寸/ (mm × mm) | 喉径/ mm | 芯棒直 径/mm | 牌坊 转角/° | 轧辊转速 (r · min ⁻¹) | 轧管长 度/m | 轧制时 间/s | ΔD / mm | ΔS / mm | d/t | Δd / mm | Δt / % | V_0 / (m · s ⁻¹) | η_0 |
|----|--------------------|--------------------|-----------|-------------|------------|----------------------------------|------------|------------|--------------------|--------------------|-------|--------------------|-------------------|-----------------------------------|----------|
| 1 | 73.1 × 8.7 | 59.5 × 4.45 | 56.6 | 48.2 | 10 | 200 | 4.32 | 32.5 | 16.5 | 4.25 | 13.37 | 2.40 | 2.9 | 0.133 | 0.89 |
| 2 | 73.1 × 8.7 | 61.7 × 4.57 | 56.8 | 48.2 | 14 | 200 | 4.83 | 29.5 | 16.3 | 4.13 | 13.51 | 4.30 | 2.8 | 0.162 | 0.78 |
| 3 | 73.1 × 8.7 | 62.1 × 4.56 | 56.9 | 48.2 | 18 | 200 | 5.34 | 21.3 | 16.2 | 4.14 | 13.62 | 4.78 | 4.7 | 0.251 | 0.90 |
| 4 | 73.1 × 8.7 | 64.5 × 4.60 | 57.0 | 48.2 | 22 | 200 | 4.67 | 16.0 | 16.1 | 4.10 | 14.00 | 7.10 | 4.8 | 0.292 | 0.91 |
| 5 | 73.1 × 8.7 | 66.2 × 4.44 | 56.6 | 48.2 | 26 | 200 | 4.77 | 12.0 | 16.5 | 4.26 | 14.90 | 9.12 | 8.6 | 0.397 | 1.05 |

着转角增加, 轧件滑移系数和轧制效率明显增加。

(3) 牌坊转角对钢管的尺寸精度也有较大影响, 当牌坊转角小于 22° 时, 壁厚不均度可控制在 5% 以下; 当牌坊转角增加到 22° 以上时, 壁厚均匀性明显变差, 本实验中牌坊转角为 26° 时, 轧制的钢管壁厚不均度达到 8.6%。

由此可知, 选择合适的牌坊转角可使薄壁管的

轧制效率与中厚壁钢管接近, 且仍能保证较好的钢管质量。

1.4 钢管径壁比的影响

为确定径壁比(d/t)的影响, 在现场进行了 1 组实验, 共 6 支钢, d/t 从 8.85 到 21.80。实验结果见表 4 和图 2(a)。从图 2(a)可以看出:

(1) 轧制不同径壁比的钢管, 其尺寸精度有较大

表 4 径壁比钢管对轧制冶金质量的影响

Table 4 Effect of d/t of tube on quality of tube rolling

| 序号 | 毛管尺寸/ (mm × mm) | 轧管尺寸/ (mm × mm) | 喉径/ mm | 芯棒直 径/mm | 轧管长 度/m | 轧制时 间/s | ΔD / mm | ΔS / mm | d/t | Δd / mm | Δt / % | V_0 / (m · s ⁻¹) | η_0 |
|----|--------------------|--------------------|-----------|-------------|------------|------------|--------------------|--------------------|-------|--------------------|-------------------|-----------------------------------|----------|
| 1 | 79.1 × 11.61 | 64.7 × 7.31 | 62.4 | 48.2 | 3.25 | 18.4 | 16.7 | 4.30 | 8.85 | 1.90 | 2.0 | 0.176 | 0.80 |
| 2 | 77.1 × 10.77 | 62.3 × 5.94 | 59.7 | 48.2 | 4.47 | 24.8 | 17.4 | 4.83 | 10.50 | 2.20 | 2.2 | 0.178 | 0.81 |
| 3 | 74.7 × 9.40 | 61.2 × 4.78 | 57.4 | 48.2 | 4.98 | 28.5 | 17.3 | 4.62 | 12.80 | 3.44 | 2.9 | 0.175 | 0.79 |
| 4 | 74.3 × 9.02 | 61.9 × 4.57 | 56.8 | 48.2 | 4.82 | 28.0 | 17.5 | 4.45 | 13.54 | 4.56 | 2.8 | 0.172 | 0.79 |
| 5 | 78.0 × 8.94 | 66.7 × 3.98 | 59.6 | 52.0 | 5.55 | 32.8 | 18.4 | 4.96 | 16.80 | 6.74 | 4.5 | 0.169 | 0.77 |
| 6 | 76.5 × 8.15 | 69.1 × 3.17 | 58.0 | 52.0 | 6.40 | 38.0 | 18.5 | 4.98 | 21.80 | 10.75 | 5.1 | 0.168 | 0.77 |

变化, 径壁比越大, 相对壁厚不均度增加, 当 d/t ≤ 14 时, 不均度可控制在 3% 以内, 当 d/t 进一步增大时, 壁厚不均度为 4% ~ 5%。

可见, Assel 轧机轧制薄壁管时, 只要合理选取工艺参数, 钢管的尺寸精度是符合要求的。

(2) 轧制不同径壁比的钢管, 轴向滑移系数和

出口速度变化不大, 随着径壁比增加, 滑移系数和出口速度有减少的趋势。

(3) 轧制不同径壁比的钢管, 主要差别是扩径量明显不同, 这正是一直制约 Assel 轧管机发展、限制其产品范围的主要原因。

轧制径壁比越大的钢管, 扩径量越大, 并且随着

径壁比的增加成倍增大。如本实验轧制的 d/t = 8.85 的钢管, 扩径量为 1.9 mm; 而轧制 d/t = 21.80 的钢管, 扩径量增大到 10.75 mm。

1.5 轧辊转速的影响

为分析轧辊转速(V_0)对轧制的影响, 在现场进行了 1 组实验, 实验结果见表 5 和图 2(b)。

从图 2(b)可以看出:

(1) 轧辊转速的变化, 对轧管扩径量的影响不大。

(2) 随着轧辊转速增加, 轧件的轴向滑移系数减

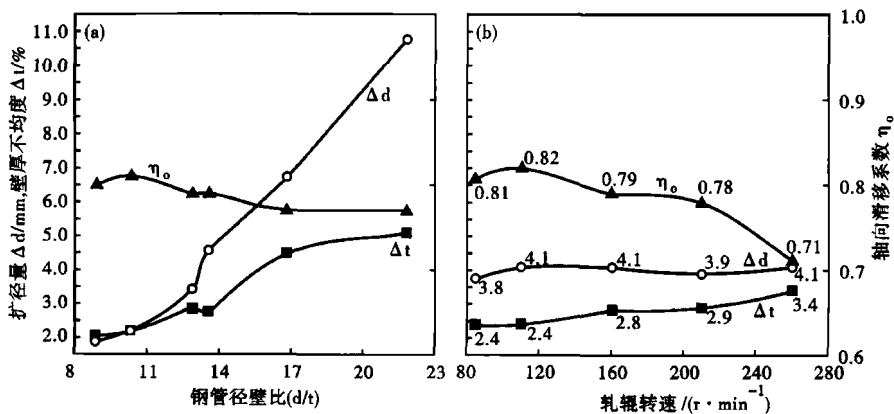


图 2 钢管径壁比(d/t)(a)和轧辊转速($r \cdot \text{min}^{-1}$)(b)对 20Cr 钢扩径量(Δd)壁厚不均度(Δt)和轴向滑移系数(η_0)的影响

Fig. 2 Effect of tube diameter / wall thickness (d/t) (a) and rotating speed of roll ($r \cdot \text{min}^{-1}$) (b) on diameter expanding amount (Δd), degree of non-homogeneous wall thickness (Δt) and axial slide factor (η_0) for rolling steel 20Cr tube

表 5 转速对钢管轧制冶金质量的影响
Table 5 Effect of rotating speed of roll on quality of tube rolling

| 序号 | 毛管尺寸/ (mm × mm) | 轧管尺寸/ (mm × mm) | 喉径/ mm | 芯棒直 径/mm | 牌坊 转角/° | 轧辊转速 (r · min ⁻¹) | 轧管长 度/m | 轧制时 间/s | ΔD/ mm | ΔS/ mm | d/t | Δd/ mm | Δl/ % | V ₀ / (m · s ⁻¹) | η ₀ |
|----|--------------------|--------------------|-----------|-------------|------------|----------------------------------|------------|------------|-----------|-----------|------|-----------|----------|--|----------------|
| 1 | 75.0 × 9.4 | 61.1 × 4.56 | 57 | 48.2 | 15 | 85 | 4.20 | 55.5 | 18.2 | 4.78 | 13.4 | 3.8 | 2.4 | 0.077 | 0.81 |
| 2 | 75.0 × 9.4 | 61.3 × 4.50 | 57 | 48.2 | 15 | 110 | 5.31 | 53.5 | 18.2 | 4.90 | 13.5 | 4.1 | 2.4 | 0.099 | 0.82 |
| 3 | 75.0 × 9.4 | 61.4 × 4.56 | 57 | 48.2 | 15 | 160 | 4.90 | 35.0 | 18.2 | 4.86 | 13.5 | 4.1 | 2.8 | 0.140 | 0.79 |
| 4 | 75.0 × 9.4 | 61.2 × 4.56 | 57 | 48.2 | 15 | 210 | 5.38 | 29.7 | 18.2 | 4.84 | 13.4 | 3.9 | 2.9 | 0.181 | 0.78 |
| 5 | 75.0 × 9.4 | 61.4 × 4.55 | 57 | 48.2 | 15 | 260 | 5.41 | 26.7 | 18.2 | 4.85 | 13.5 | 4.1 | 3.4 | 0.203 | 0.71 |

小,但出口速度仍然是增加。并且,轧制过程中芯棒和钢管跳动加剧。

(3) 轧辊转速大小对壁厚尺寸精度影响不大。随着转速增加,钢管壁厚的尺寸精度有降低趋势。

由此可见,轧制薄壁管时转速不宜太高。

2 工艺参数的优化

根据以上实验结果,本着减小钢管的扩径量,提高钢管的轴向滑移系数和轴向分速度,提高钢管尺寸精度三个目的,提出 Assel 轧管机轧制薄壁管优化工艺参数的 4 个方面:

(1) 适当增加减径量或者增加减径区的接触长度,有利于增加轧机对毛管的纠偏能力,提高钢管的尺寸精度。同时便于钢管的二次咬入,提高轴向滑移系数。所以,轧管机的减径量在满足钢管一次咬入条件下,应取较大值。

(2) Assel 轧机的减壁量,既影响钢管的扩径量,又影响着轧机的轧制效率,应适当选取。根据实验结果,减壁量为 4 ~ 5 mm 较为合适,其中轧制越薄的钢管,减壁量应取上限。

(3) 适当选取轧机送进角。送进角大小对钢管的扩径量和轧制速度均有较大影响。牌坊回转角选择 18° ~ 22° 即可显著提高轧管机的轧制效率,同时,可以得到良好的钢管质量。

(4) 合理选择轧辊转速。轧辊转速主要对轧制效率和钢管出口速度以及轧制过程钢管的跳动有影响。在轧制薄壁管时,轧辊转速不宜太高。

3 Assel 轧管机轧制薄壁管辊型的设计

3.1 基本思路

(1) 减小减径区锥角。在满足一次咬入的情况下,减小入口锥角,增加了减径区的接触长度,这样有利于①顺利二次咬入;②提高轴向滑移系数;③更好地均整穿孔毛管壁厚,提高轧后钢管精度。

(2) 台肩区的改变。①降低台肩高度。台肩高度的选取与减壁量有关,一般遵循大致相等原则^[4,5]。按上述减壁量要求,应适当降低台肩高度;

同时,台肩高度的降低有利于提高钢管的轴向滑移系数。②缩短台肩区长度。缩短台肩区,更有利于发挥 Assel 辊型“集中变形和支撑效应”的特点。台肩区长度越短,厚壁和薄壁的钢管相连更加紧密,对薄壁端的支撑效应更加明显,有利于减轻台肩区处的薄壁管压扁。

(3) 辗轧段的变化。钢管斜轧过程中,要求轧辊的辗轧段平行于轧制中心线。但由于牌坊转角的改变,辗轧段偏离轧制中心线,存在一个偏离角 $\Delta\beta$,在设计轧辊的辗轧段时,这一偏离角应作考虑。即辗轧段辊面角度应设计为 $\beta_0 + \Delta\beta$ (β_0 是牌坊回转角为 0° 时的辗轧角)。其中, $\Delta\beta$ 值可按轧制薄壁管的常用送进角,通过实验开发的计算机程序计算出来,一般 $\Delta\beta$ 在 0.2° 左右。

3.2 辊型的改进

根据上述选取的优化工艺参数和辊型改进的基本思路,运用较为常用的 Assel 轧机辊型的设计方法^[4,6],对实验采用的辊型进行了改进。

3.2.1 减径段

减径段长度 L_1 应满足:

$$L_1 \geq (0.5C_H + \xi_h) / \tan\psi_1 \quad (1)$$

式中: C_H - 芯棒与毛管内径的间隙,即

$$C_H = \Delta D - 2\Delta S \quad (2)$$

ξ_h - 减径段的减壁量,取 $\xi_h = 0.1$ 。

当取 $\Delta D = 21$ mm, $\Delta S = 4.5$ mm, $L_1 = 110$ mm 时,按式(1)、(2)取 $\psi_1 = 2^\circ$ 。

3.2.2 减壁段

根据台肩高度大体等于减壁量的原则,取台肩高度 $h = 4.5$ mm。按照下列各式可计算减壁段的有关尺寸^[5,6]:

$$R = h(1 + \cos\psi_\tau - \cos\psi_1) / (1 - \cos\psi_\tau) \quad (3)$$

$$r = h \quad (4)$$

式中: R - 台肩顶部圆弧半径; r - 台肩底部圆弧半径; ψ_τ - 台肩的两圆弧中心连线与轧制中心线的夹角,

表示台肩的平陡度, 轧制薄壁管时应取小值^[5,7], 取 $\psi_\tau = 47^\circ$ 。两圆弧中心连线与轧辊轴线的夹角 $\psi'_\tau = \psi_\tau + \beta_0 = 50^\circ$ 。

由此得出 $R = 9.6 \text{ mm}$, $r = 4.5 \text{ mm}$ 。

同时, 通过几何关系可求得沿轧制中心线和轧辊线方向的台肩长度 $L_2 = 10.1 \text{ mm}$; $L'_2 = 9.9 \text{ mm}$ 。

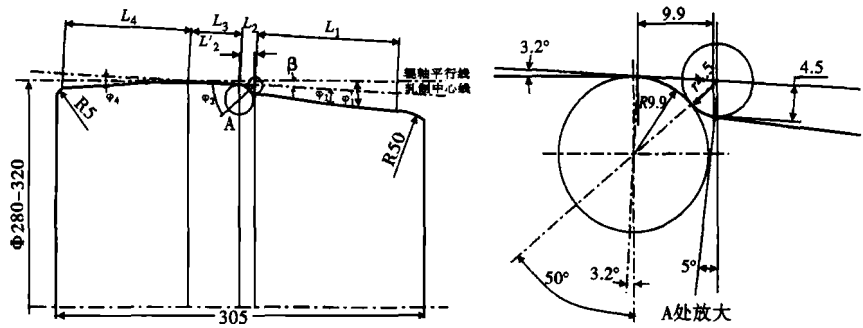


图3 改进后辊型简图

Fig. 3 Schematics of improved roll shape

3.2.3 辗轧段

按 3.1 节所述, 辗轧角 $\beta' = \beta_0 + \Delta\beta = 3.2^\circ$ 。辗轧段的长度 L_3 应满足:

$$L_3 = (2 \sim 2.5) \cdot P \quad (5)$$

式中 P 是钢管在辗轧段处的螺距, 可以按下式计算:

$$P \approx \frac{\pi \cdot d_{\text{碾}} \cdot \tan\alpha}{3} \quad (6)$$

式中: $d_{\text{碾}}$ - 辗轧段的轧辊直径; α - 送进角^[6-7]。

当取 $d_{\text{碾}} = 320 \text{ mm}$, $\alpha = 5^\circ$ 时, $P = 17.6 \text{ mm}$ 。根据式(5)取 $L_3 = 44 \text{ mm}$ 。

3.2.4 规圆区

规圆区长度按 $L_4 \geq 0.5 \cdot \Delta d / \tan\psi_4$ 进行验算, 满足要求。式中: Δd - 扩径量; ψ_4 - 该段的工作锥角。

3.2.5 改进后的辊型

上述所计算的是沿轧制中心线方向的尺寸 (L'_2 除外), 为了更直观, 近似作为轧辊轴线方向的尺寸在图3中表示出来, 改进辊型如图3。

3.3 辊型改进后轧制情况

辊型改进后, 成功地试轧出规格为 $\Phi 70 \text{ mm} \times 3 \text{ mm}$ 的 20Cr 钢管, 这是该机组自正式投产以来首次。具体参数及尺寸见表6。

4 结语

围绕 Assel 轧管机轧制薄壁管的 3 个主要问题: 尺寸精度、扩径量、轧制效率进行了现场实验和理论

表6 改进后辊型轧制实验数据

Table 6 Improved rolling process and parameters

| 毛管尺寸/mm | | 轧机调整参数 | 轧管尺寸/mm | | | 轧制温度/°C | 轧制长度/m | 轧制时间/s |
|---------|------|----------------|------------|------------------------|----|---------|--------|--------|
| 外径 | 壁厚 | | 外径 | 壁厚 | 壁厚 | | | |
| | | | 69.0, 68.9 | 3.11, 3.30, 3.23, 3.21 | | 927 | 6.4 | 37.5 |
| | 7.89 | 喉径 58 mm | 69.1, 69.4 | 3.16, 3.10, 3.00, 3.09 | | 935 | 6.6 | 39.5 |
| 76.7 | 8.15 | 芯棒 52 mm | 69.1, 69.4 | 3.38, 3.23, 3.28, 3.26 | | 947 | 5.2 | 31.5 |
| 76.3 | 8.20 | 牌坊转角 15° | 69.2, 69.7 | 3.23, 3.14, 3.11, 3.09 | | 940 | 6.7 | 40.0 |
| | 8.36 | 轧辊转速 200 r/min | 70.0, 69.7 | 2.96, 3.16, 2.98, 3.07 | | 925 | 7.25 | 43.0 |
| | | | 68.5, 68.4 | 3.17, 3.20, 3.29, 3.21 | | 929 | 6.3 | 37.5 |

研究, 总结了各工艺参数对尺寸精度、扩径量、轧制效率的影响, 提出了优化工艺的思路。结合工艺参数的影响, 对轧辊辊型进行了研究, 对辊型各参数的设计提出了意见, 并对改进后的辊型进行了实验, 取得良好的结果。

参考文献

- [1] 徐章华. Φ76mm 三辊轧管机组轧后钢管外径的影响因素探讨[J]. 钢管, 1993, 22(2): 25-28.
- [2] 刘高翔. 三辊斜轧钢管内扩径与管壁变形量和径壁比的关系[J]. 钢管, 1990, 19(6): 37-40.
- [3] 陆严清. 塑性变形理论应用[M]. 北京: 国防工业出版社, 1990.
- [4] 李连诗. 钢管轧制、挤压和拉拔工艺理论[M]. 北京: 北京钢铁学院, 1980: 258-271.
- [5] 王廷溥. 金属塑性加工学[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1994: 3245-278.
- [6] 宋本仁. 国外三辊穿孔与轧管[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1978: 136-318.
- [7] 王海文, 李绍山. 三辊轧管机的发展和轧辊辊型设计[J]. 钢管, 1992, 21(2): 13-16.

袁方成(1965-), 男, 硕士研究生, 高级工程师, 钢管事业部部长, 热轧无缝钢管工艺技术研究。

收稿日期: 2012-11-08